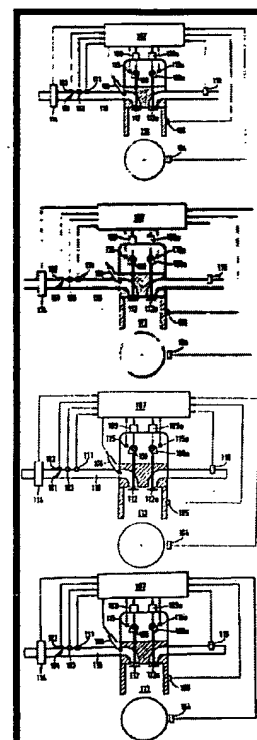


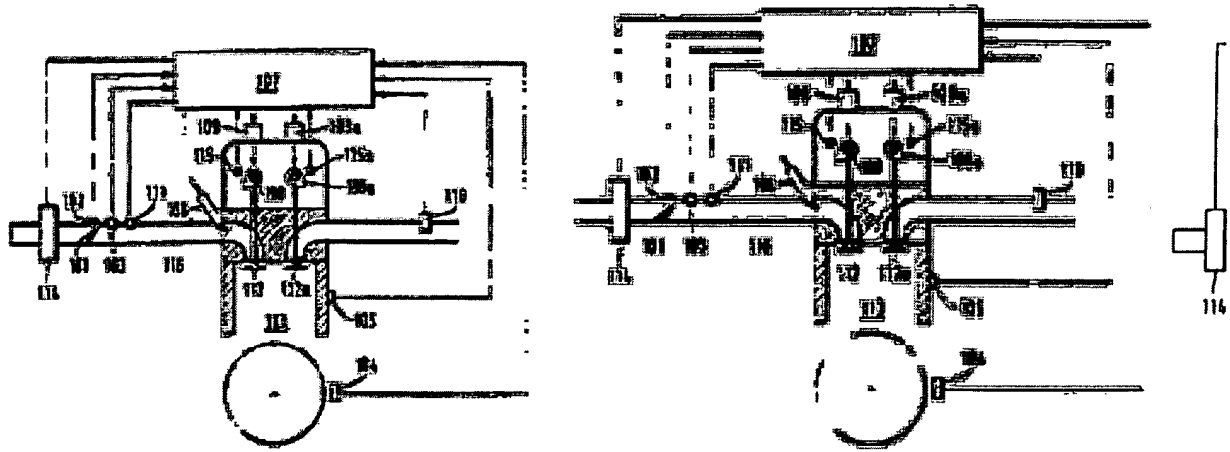
44912-2077100-00000

DELPHION**Select CR****RESEARCH****PRODUCTS****INSIDE DELPHION****Log Out** **Work Files** **Saved Searches****My Account****Search:** Quick/Number Boolean Advanced Derwent**Help****Derwent Record** [Email this to a friend](#)**View:** [Expand Details](#) **Go to:** [Delphion Integrated View](#)**Tools:** Add to Work File: [Create new Work File](#)  **Add****Derwent Title:** Calculation of fresh-air fraction in IC engine cylinder intake - takes account of influence of variation in control of gas exchange in adjustment of inlet and exhaust valve timings.**Original Title:** ☒ [DE4325902A1](#): Verfahren zur Berechnung der Luftfuellung fuer eine Brennkraftmaschine mit variabler Gaswechselsteuerung**Assignee:** **BOSCH GMBH ROBERT** Standard company
Other publications from [BOSCH GMBH ROBERT \(BOSC\)](#)...**Inventor:** **REUSCHENBACH L; VEIL H;****Accession/Update:** **1995-075617 / 200001****IPC Code:** **F02D 13/02 ; F02D 41/18 ; F02D 45/00 ; G01M 15/00 ; F01L 1/34 ; F01L 1/344 ; F02M 25/07 ;****Derwent Classes:** **[Q51](#); [Q52](#); [Q53](#); [S02](#); [X22](#);****Manual Codes:** **[S02-J01A](#)(IC engines) , [X22-A05D](#)(Fuel, gas and air flow sensors)****Derwent Abstract:** ([DE4325902A](#)) Air entering the inlet manifold (116) is measured by a hot-wire or hot-film mass flowmeter (114), connected to a controller (107) in common with sensors of throttle opening (102), air pressure (103) and temp. (111) upstream from the fuel injector (106), and of oxygen content (110) in the exhaust.

The angle of opening of the inlet valve, and the time of closure of the exhaust valve, are measured by sensors (115,115a) associated with the respective camshafts (108,108a), which are adjusted (109,109a), w.r.t. TDC with allowances for crankshaft position and speed (104) and coolant temp. (105).

Use - Esp. in non-stationary i.e variable, operation of engines having adjustable inlet and/or exhaust valve camshafts.**Images:****BEST AVAILABLE COPY**

THIS PAGE BLANK (USPTO)



Dwg.1/6, Dwg.1/16b, Dwg.1/6

Family:	PDF Patent	Pub. Date	Derwent Update	Pages	Language	IPC Code
<input checked="" type="checkbox"/>	DE4325902A1 *	1995-02-09	199511	15	German	F02D 13/02
	Local apps.: <u>DE1993004325902</u> Filed:1993-08-02 (93DE-4325902)					
<input checked="" type="checkbox"/>	DE4325902C2 =	1999-12-02	200001	14	German	F02D 13/02
	Local apps.: <u>DE1993004325902</u> Filed:1993-08-02 (93DE-4325902)					
<input checked="" type="checkbox"/>	DE59405036G =	1998-02-19	199813		German	F02D 41/18
	Local apps.: Based on <u>EP00680556</u> (EP 680556) Based on <u>WO09504215</u> (WO 9504215) <u>WO1994DE0000886</u> Filed:1994-07-29 (94WO-DE00886) <u>EP1994000922223</u> Filed:1994-07-29 (94EP-0922223) <u>DE1994000505036</u> Filed:1994-07-29 (94DE-0505036)					
<input checked="" type="checkbox"/>	EP0680556B1 =	1998-01-14	199807	16	German	F02D 41/18
	Des. States: (R) DE FR SE Local apps.: Based on <u>WO09504215</u> (WO 9504215) <u>EP1994000922223</u> Filed:1994-07-29 (94EP-0922223) <u>WO1994DE0000886</u> Filed:1994-07-29 (94WO-DE00886)					
<input checked="" type="checkbox"/>	US5635634 =	1997-06-03	199728	14	English	G01M 15/00
	Local apps.: Based on <u>WO09504215</u> (WO 9504215) <u>US1995000406992</u> Filed:1995-03-29 (95US-0406992) <u>WO1994DE0000886</u> Filed:1994-07-29 (94WO-DE00886)					
	JP08502113W =	1996-03-05	199644	24	English	F02D 45/00
	Local apps.: Based on <u>WO09504215</u> (WO 9504215) <u>JP1995000505489</u> Filed:1994-07-29 (95JP-0505489) <u>WO1994DE0000886</u> Filed:1994-07-29 (94WO-DE00886)					
<input checked="" type="checkbox"/>	EP0680556A1 =	1995-11-08	199549	15	German	F02D 41/18
	Des. States: (R) DE FR SE Local apps.: Based on <u>WO09504215</u> (WO 9504215) <u>EP1994000922223</u> Filed:1994-07-29 (94EP-0922223) <u>WO1994DE0000886</u> Filed:1994-07-29 (94WO-DE00886)					
<input checked="" type="checkbox"/>	WO9504215A1 =	1995-02-09	199511	31	German	F02D 41/18

(N) JP US

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Des. States: (R) AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LU MC NL PT SE

Local appls.: [WO1994DE0000886](#) Filed:1994-07-29 (94WO-DE00886)⚙ INPADOC [Show legal status actions](#)

Legal Status:

⚙ First Claim: [Show all claims](#) 1. Verfahren zur Berechnung des Frischluftanteils an der Gasfüllung des Arbeitsvolumer

- – wobei der Wechsel der Gasfüllung des Arbeitsvolumens durch einen Steuereingriff betriebsparam
- – und bei dem eine Größe erfaßt wird, die ein Maß für die Frischluftmenge darstellt, die der Brennkra

⚙ Priority Number:

Application Number	Filed	Original Title
DE1993004325902	1993-08-02	VERFAHREN ZUR BERECHNUNG DER LUFTFUELLUNG FUER EINE BRENNKRAFTMASCHINE MIT VARIABLER GASWECHSELSTEUERUNG

⚙ Citations:

PDF	Patent	Original Title
<input checked="" type="checkbox"/>	DE4018775	VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUR ERMITTLUNG DER LAST VON BRENNKRAFTMASCHINEN
	JP53297746	
<input checked="" type="checkbox"/>	US4986243	MASS AIR FLOW ENGINE CONTROL SYSTEM WITH MASS AIR EVENT INTEGRATOR
		Msg: 01Jnl.Ref

⚙ Title Terms:

CALCULATE FRESH AIR FRACTION IC ENGINE CYLINDER INTAKE ACCOUNT INFLUENCE VARIATION CONTROL GAS EXCHANGE ADJUST INLET EXHAUST VALVE TIME

[Pricing](#) [Current charges](#)Derwent Searches: [Boolean](#) | [Accession/Number](#) | [Advanced](#)

Data copyright Thomson Derwent 2003



Copyright © 1997-2004 The Thomson Corporation

[Subscriptions](#) | [Web Seminars](#) | [Privacy](#) | [Terms & Conditions](#) | [Site Map](#) | [Contact Us](#) | [Help](#)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

2003 p 0047j
(2)



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Patentschrift
10 DE 43 25 902 C 2

51 Int. Cl. 6:
F 02 D 13/02
F 01 L 1/344

21 Aktenzeichen: P 43 25 902.2-13
22 Anmeldetag: 2. 8. 93
43 Offenlegungstag: 9. 2. 95
45 Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 2. 12. 99 ✓

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

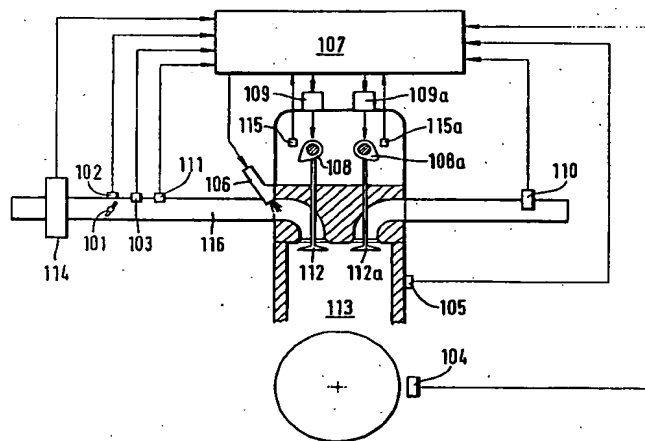
73 Patentinhaber:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

72 Erfinder:
Reuschenbach, Lutz, Dipl.-Phys., 70469 Stuttgart, DE;
Veil, Hans, Dipl.-Ing., 71735 Eberdingen, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE 32 47 916 A1

54 Verfahren zur Berechnung der Luftfüllung für eine Brennkraftmaschine mit variabler Gaswechselsteuerung

57 Verfahren zur Berechnung des Frischluftanteils an der Gasfüllung des Arbeitsvolumens einer Brennkraftmaschine,
- wobei der Wechsel der Gasfüllung des Arbeitsvolumens durch einen Steuereingriff betriebsparameterabhängig beeinflussbar ist,
- und bei dem eine Größe erfaßt wird, die ein Maß für die Frischluftmenge darstellt, die der Brennkraftmaschine über ein Saugrohr zufließt, dadurch gekennzeichnet, daß
- bei der Bestimmung des Frischluftanteils an der Gasfüllung des Arbeitsvolumens neben dem Maß für die Frischluftmenge, die der Brennkraftmaschine über das Saugrohr zufließt, als eine den Steuereingriff charakterisierende Größe die Ventilüberschneidung, d. h. der Winkelbereich benutzt wird, bei dem Einlaß- und Auslaßventil gemeinsam geöffnet sind.



DE 43 25 902 C 2

DE 43 25 902 C 2

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur dynamisch korrekten Berechnung der Luftfüllung eines Zylinders bei einer Brennkraftmaschine mit variabler Gaswechselsteuerung, bspw. mit verstellbarer Einlaß- und/oder Auslaßnockenwelle, insbesondere im instationären Betrieb.

Aus der DE-OS 32 47 916 (US 4 856 465) ist eine Brennkraftmaschine bekannt, deren Steuerzeiten über eine Verdrehung einer Nockenwelle relativ zum Nockenwellenantrieb in Abhängigkeit von Betriebsparametern variiert werden. Als
10 Beispiele von Betriebsparametern werden die Drehzahl N der Brennkraftmaschine sowie das für die Einspritzung im Rechner ohnehin ermittelte Lastsignal $Tl = K \cdot Q/N$ verwendet, das dem auf einen Hub der Brennkraftmaschine normierten Luftdurchsatz entspricht.

Herkömmliche Lasterfassungsverfahren messen die in das Saugrohr strömende Luftmasse Q (z. B. Hitzdrahtluftmassenmesser) oder benutzen den Saugrohrdruck P_s als Maß für die Last.

15 Im Fall einer Luftmassenmessung kann die tatsächlich in den Zylinder strömende Luftmasse mit Hilfe einer Luftmassenbilanz für das Saugrohr ermittelt werden. Für die Änderung dM_s der im Saugrohr enthaltenen Luftmasse M_s während des Saughubes eines Zylinders gilt:

$$dM_s = M_{dk} - M_z \quad [1]$$

20 Hierbei ist M_{dk} die während des Saughubs durch die Drosselklappe einströmende Luftmasse und M_z die vom Zylinder angesaugte Luftmasse.

Unter der Annahme, daß ein Anteil η des Hubvolumens des Zylinders mit Frischgas gefüllt wird, kann M_z näherungsweise durch das Verhältnis von Saugrohrvolumen V_s und effektivem Hubvolumen $V_h/Z \cdot \eta$ beschrieben werden:

$$25 \quad M_z = \frac{M_s \cdot V_h \cdot \eta}{Z \cdot V_s} \quad [2]$$

30 Hierbei ist Z die Zylinderzahl und V_h der Hubraum des Motors. Die Größe η wird auch als volumetrischer Wirkungsgrad bezeichnet. Sofern sich η nicht wesentlich ändert, folgt für die Änderung der Luftfüllung des Zylinders dM_z entsprechend:

$$35 \quad dM_z = dM_s \cdot \frac{V_h \cdot \eta}{Z \cdot V_s} \quad [3]$$

Die durch die Drosselklappe einströmende Luftmasse M_{dk} kann mit der Hilfe der gemessenen Luftströmung Q_m und der Zeitdauer dT des Saughubs als

$$40 \quad M_{dk} = Q_m \cdot dT \quad [4]$$

ausgedrückt werden. Die Zeitdauer dT folgt aus der Motordrehzahl N und der Zylinderzahl Z:

$$45 \quad dT = \frac{2}{N \cdot Z} \quad [5]$$

Damit folgt für die Änderung dM_z der Luftfüllung des Zylinders:

$$50 \quad dM_z = \frac{V_h \cdot \eta}{Z \cdot V_s} \cdot Q_m \cdot \left(\frac{2}{N \cdot Z} - M_z \right) \quad [6]$$

55 Aus Gleichung [6] läßt sich eine Rekursionsgleichung zur Bestimmung der Luftfüllung des Zylinders herleiten:

$$dM_z = M_z(k) - M_z(k-1) \quad [7]$$

und somit:

$$60 \quad M_z(k) = M_z(k-1) + \frac{V_h \cdot \eta}{Z \cdot V_s} \cdot \left(Q_m \cdot \frac{2}{N \cdot Z} - M_z(k-1) \right) \quad [8]$$

65 Bei Brennkraftmaschinen mit variabler Gaswechselsteuerung führt diese Berechnungsvorschrift jedoch unter Umständen nicht zu optimalen Ergebnissen. Wird beispielsweise die Ventilüberschneidung, das heißt die Zeitspanne, während der Einlaß- und Auslaßventil gleichzeitig geöffnet sind, geändert, so ändert sich auch die Abgasmasse, die während der Ventilüberschneidung vom Krümmer ins Saugrohr zurückströmt. Dieses Abgas verdrängt einen Teil des Frischgases im

Zylinder und sorgt damit für eine starke Veränderung des volumetrischen Wirkungsgrads etc. Damit entfallen die Voraussetzungen für die Herleitung der Gleichung [8]. Das bisherige Verfahren kann daher die Luftfüllung des Zylinders im Instationärbetrieb nicht korrekt bestimmen, was zu starken Schwankungen im Luft-Kraftstoffverhältnis, insbesondere im instationären Betrieb führt.

Im Fall einer Messung des Luftdrucks P_s im Saugrohr kann die Luftfüllung des Zylinders mittels einer einfachen Geradengleichung errechnet werden:

$$M_z = K \cdot (P_s - P_{s0}) \quad [9]$$

Bei Motoren mit variabler Gaswechselsteuerung zeigt sich jedoch, daß der Faktor K und der Offset P_{s0} in Gleichung [9] stark von der Stellung der Nockenwelle und von der Drehzahl abhängig sind. Auch dieses Verfahren liefert also bei verstellbaren Nockenwellen kein ausreichend genaues Ergebnis.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einer Brennkraftmaschine mit variabler Gaswechselsteuerung ein Verfahren zur dynamisch korrekten Berechnung der Luftfüllung eines Zylinders anzugeben.

Die Erfindung löst diese Aufgabe durch eine Einbeziehung des Einflusses der Gaswechselsteuerung auf die Berechnung des Frischluftanteils an der Gasfüllung des Arbeitsvolumens (Zylinder) einer Brennkraftmaschine.

Im einzelnen wird dazu bei einer Brennkraftmaschine, bei der der Wechsel der Gasfüllung des Arbeitsvolumens durch einen Steuereingriff betriebsparameterabhängig beeinflussbar ist und bei der eine Größe erfaßt wird, die ein Maß für die Frischluftmenge darstellt, die der Brennkraftmaschine über ein Saugrohr zufließt, bei der Bestimmung des Frischluftanteils an der Gasfüllung des Arbeitsvolumens neben dem Maß für die Frischluftmenge, die der Brennkraftmaschine über das Saugrohr zufließt, wenigstens eine den Steuereingriff charakterisierende Größe berücksichtigt.

Als den Steuereingriff charakterisierende Größe kommt die Ventilüberschneidung, d. h. der Winkelbereich, über den ein Einlaßventil und ein Auslaßventil eines einzelnen Arbeitsvolumens (Zylinders) gemeinsam geöffnet sind, in Frage.

Zusätzlich kann die Lage dieses Winkelbereichs relativ zu einem Bezugswinkel der Kurbelwelle, bspw. dem Winkel, der einem Totpunkt eines Kolbens der Brennkraftmaschine entspricht, als den Steuereingriff charakterisierende Größe berücksichtigt werden.

Im Fall variabler Ventilerhebungskurven, wie sie bei einem gesteuerten Wechsel der Nockenform für die Betätigung eines Ventils oder auch bei individuell elektronisch gesteuerten und hydraulisch betätigten Ventilen verwirklicht sind, kommt der Verlauf und/oder die Änderung wenigstens einer Ventilerhebungskurve als charakterisierende Größe für den Steuereingriff in Betracht.

Im allgemeinsten Fall wird der Einfluß des Steuereingriffs über die jeweils kleinere, während der Ventilüberschneidung wirksame Öffnung des Arbeitsvolumens zum Einlaß- oder Auslaßbereich der Brennkraftmaschine, integriert über die Zeitdauer der Ventilüberschneidung, erfaßt.

Im Fall verstellbarer Nockenwellen kann der Steuereingriff aus den Stellungen der Einlaß- und Auslaßnockenwellen gebildet werden. Diese Stellungen können durch geeignete Sensoren erfaßt werden oder als Schätzwerte mit Hilfe eines Modells für die Nockenwellenstellungen berechnet werden. Aufgrund der Kenntnis der Istwerte für die Steuerzeiten können bei einem Steuerungssystem mit Saugrohrdruckmessung die Parameter in der Berechnungsvorschrift Gleichung [9] zur Bestimmung der Luftfüllung aus dem Saugrohrdruck entsprechend variiert werden.

Bei einem System mit Luftmassensensor wird zunächst ein Schätzwert für den Saugrohrdruck bestimmt. Mit Hilfe der von einem Saugrohrdrucksystem bekannten Beziehung zwischen Saugrohrdruck, Istwert der Steuerzeiten und Drehzahl kann dann die Luftfüllung des Zylinders errechnet werden. Dadurch wird der Einfluß der Variation der Gaswechselsteuerung beschrieben. Außerdem bietet die Berechnung des Saugrohrdrucks als Zwischengröße eine einfache Möglichkeit, das System durch Vergleich mit dem gemessenen Saugrohrdruck abzugleichen, was für die Applikation eines Kraftstoff-zumeßsystems an einen speziellen Brennkraftmaschinentyp vorteilhaft ist.

Fig. 1 zeigt eine Übersicht über einen Verbrennungsmotor mit verstellbaren Nockenwellen sowie einem Steuergerät zur Berechnung der Einspritzzeit gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 2 verdeutlicht den Zusammenhang zwischen Saugrohrdruck, Nockenwellenstellung und Luftfüllung des Zylinders anhand eines Meßergebnisses.

Fig. 3a zeigt die Ventilerhebungskurven von Einlaß- und Auslaßventil und verdeutlicht die gemessenen Nockenwellenstellungen und die Ventilüberschneidung.

Fig. 3b stellt ein Flußdiagramm zur Bestimmung der Ventilüberschneidung sowie der zur Luftfüllungsberechnung benötigten Parameter für ein System mit Saugrohrdruckmessung dar.

Fig. 4a und Fig. 4b zeigen den Programmablauf zur Berechnung der Luftfüllung bei einem Steuerungssystem mit Saugrohrdruckmessung.

Fig. 5a ist ein Flußdiagramm zur Erfassung des Signals eines Luftmassensensors.

Fig. 5b zeigt den Programmablauf zur Berechnung der Luftfüllung aus der gemessenen Luftmassenströmung.

Fig. 6a stellt den prinzipiellen Zeitverlauf der Nockenwellenstellung bei einer geschalteten Verstellung der Nockenwellenposition dar.

Fig. 6b zeigt ein Programm zur Bestimmung eines Schätzwertes für die Nockenwellenstellung bei fehlendem Nockenwellensensor.

Fig. 1 zeigt eine Brennkraftmaschine und ein Steuergerät zur Berechnung der Einspritzzeit. Die ins Saugrohr 116 einströmende Luftmasse wird durch den Luftmassensensor 114 (Hitze- oder Heißfilm-Sensor) erfaßt und dem Steuergerät 107 zugeführt. Die Stellung der Drosselklappe 101 wird mit einem Sensor 102 gemessen. Außerdem befindet sich im Saugrohr ein Fühler 111 für die Lufttemperatur sowie ggf. ein Druckfühler 103 der bei Systemen mit Saugrohrdruckmessung den Luftmassensensor 114 ersetzt.

Die vom Steuergerät 107 errechnete einzuspritzende Kraftstoffmenge wird über das Einspritzventil 106 dem Motor zugeführt.

Das Luftkraftstoffgemisch gelangt über das Einlaßventil 112 in den Zylinder 113; das Abgas wird über das Auslaßven-

til 112a in das Abgassystem gedrückt. Der Restsauerstoffgehalt des Abgases der ein Maß für das Luftkraftstoffverhältnis darstellt wird über den Sauerstoffsensor 110 erfaßt.

Die Öffnungs- und Schließzeitpunkte von Einlaß- und Auslaßventil werden über die zugehörige Einlaßnockenwelle 108 sowie die Auslaßnockenwelle 108a bestimmt. Mit Hilfe der Verstelleinrichtungen 109 und 109a können die Stellungen der Nockenwelle und damit die Lage der Öffnungs- und Schließzeitpunkte der Einlaß- und Auslaßventile relativ zum oberen Totpunkt des Kolbens beeinflußt werden. Die Stellungen der Einlaß- und Auslaßnockenwelle werden mit den Sensoren 115 bzw. 115a gemessen. Ferner verfügt das System über einen Sensor 104 zur Erfassung der Drehzahl sowie der Kurbelwellenstellung und einen Temperaturfühler 105 zur Erfassung der Kühlwassertemperatur.

Fig. 2 stellt anhand eines Meßergebnisses den Zusammenhang zwischen Luftfüllung des Zylinders und Saugrohrdruck dar. Die Luftfüllung wird dabei durch die zugehörige Einspritzdauer angegeben, die erforderlich ist, um ein stöchiometrisches Luftkraftstoffverhältnis einzustellen. Der Zusammenhang zwischen Luftfüllung und Saugrohrdruck wurde bei einer Motordrehzahl von 1800 U/min für zwei verschiedene Nockenwellenstellungen gemessen. Kurve 1 entspricht einer Ventilüberschneidung von 14 Grad Kurbelwinkel. Kurve 2 wurde bei einer deutlich größeren Ventilüberschneidung (44 Grad Kurbelwinkel) gemessen, das heißt Einlaß- und Auslaßventile sind für einen deutlich längeren Zeitraum gleichzeitig geöffnet als bei Kurve 1. Daher kann bei der zweiten Messung während der Überschneidungsphase wesentlich mehr Abgas ins Saugrohr zurückströmen und eine entsprechende Menge Frischgas verdrängen. Dementsprechend ist bei Messung 2 bei gleichem Saugrohrdruck die Luftfüllung geringer als bei Messung 1.

In beiden Fällen läßt sich jedoch die Luftfüllung aus dem Saugrohrdruck mit Hilfe der Geradengleichung [9] bestimmen:

$$M_z = K \cdot (P_s - P_{s0}) \quad [9],$$

wobei der Verstärkungsfaktor K und der Offset P_{s0} von der Nockenwellenstellung und der Drehzahl abhängig sind.

Fig. 3a und Fig. 3b beschreiben ein mögliches Verfahren zur Ermittlung der Nockenwellenstellung. Fig. 3a zeigt die Ventilhubkurven von Einlaß- und Auslaßventil. Der Sensor 115 erfaßt den Öffnungswinkel W_{e0} des Einlaßventils, gemessen ab Zünd-OT. Der Sensor 115a liefert den Schließzeitpunkt W_{as} des Auslaßventils, ebenfalls ab Zünd-OT gemessen.

Für den Restgasanteil und damit für den Einfluß auf die Luftfüllung ist, wie bereits beschrieben, insbesondere die Ventilüberschneidung wichtig, das heißt die Länge $W_{ü}$ des Bereichs, in dem sowohl Einlaß- als auch Auslaßventil geöffnet sind. Deshalb genügt es, anstelle der beiden Nockenwellenstellungen W_{e0} und W_{as} lediglich die Ventilüberschneidung $W_{ü}$ zur Berechnung der Luftfüllung heranzuziehen.

Das Flußdiagramm in Fig. 3b beschreibt ein Programm zur Bestimmung der Ventilüberschneidung sowie der Parameter, die zur Berechnung der Luftfüllung benötigt werden. Das Programm wird in einem hinreichend schnellen Zeitraster (z. B. alle 100 ms) gestartet.

In Schritt 301 und 302 werden die Signale der Sensoren 115 und 115a ausgewertet und die Nockenwellenstellungen W_{e0} und W_{as} im Steuergeräte-RAM abgelegt.

In Schritt 303 wird die Ventilüberschneidung als Differenz von W_{as} und W_{e0} berechnet. Falls die Nockenwellenstellungen keine Ventilüberschneidung ergeben, wenn also Ein- und Auslaßventil nicht gleichzeitig geöffnet sind, ergibt sich in Abfrage 304 ein negativer Wert für $W_{ü}$. In diesem Fall wird in Schritt 305 die Ventilüberschneidung zu 0 gesetzt.

Anschließend wird die über den Drehzahlfühler 104 gemessene Motordrehzahl N eingelesen (Schritt 306). Zur Berechnung der Luftfüllung gemäß Gleichung [9] wird ein Offset P_{s0} und ein Proportionalitätsfaktor K in Abhängigkeit von Drehzahl und Ventilüberschneidung benötigt. Diese werden in den Schritten 307 und 308 berechnet und im Steuergeräte-RAM für die spätere Lastberechnung bereitgestellt. Die Werte von P_{s0} und K werden für verschiedene Ventilüberschneidungen und Drehzahlen in Tabellen im Steuergerät-ROM abgelegt. Die Ermittlung der aktuellen Werte von P_{s0} und K erfolgte durch Interpolation der aus diesen Tabellen entnommenen Größen.

Die Flußdiagramme Fig. 4a und 4b zeigen die Erfassung des Luftdrucks im Saugrohr und die anschließende Berechnung der Luftfüllung. Das Programm in Fig. 4a wird einmal pro Zündung in einer bestimmten Kurbelwellenstellung gestartet, z. B. immer 180 Grad vor Zünd-OT. In Schritt 401 wird der Saugrohrdruck vom Druckfühler 103 eingelesen und im Steuergeräte-RAM in der RAM-Zelle P_{s1} gespeichert.

Das Programm gemäß Fig. 4b wird ebenfalls einmal pro Zündung, jedoch an einer späteren Kurbelwinkelstellung aufgerufen (z. B. 90 Grad vor Zünd-OT). Zunächst wird in Block 402 noch einmal der Saugrohrdruck eingelesen und in der RAM-Zelle P_{s2} abgelegt. Anschließend wird der Mittelwert der in den Schritten 401 und 402 eingelesenen Saugrohrdruckwerte gebildet (Schritt 403). Durch diese Mittelwertbildung werden die typischen Pulsationen des Saugrohrdrucks, die durch die Ansaugvorgänge der Zylinder verursacht werden, unterdrückt.

Im Schritt 404 wird aus dem Druckmittelwert die Luftfüllung des Zylinders gemäß Gleichung [9] bestimmt. Hierbei werden die in den Schritten 307 und 308 bestimmten Werte für den Proportionalitätsfaktor K und den Offset P_{s0} verwendet.

Fig. 5a und Fig. 5b zeigen die Vorgehensweise für ein System, das mit einem Luftmassensensor ausgerüstet ist.

Für ein solches System muß zunächst der Saugrohrdruck aus der ins Saugrohr einströmenden gemessenen Luftmasse errechnet werden. Aus diesem Saugrohrdruck wird dann wie bei System mit Druckmessung die Luftfüllung des Zylinders bestimmt.

Für die Änderung dM_s der im Saugrohr vorhandenen Frischluftmasse M_s während des Saughubs eines Zylinders gilt die Bilanzgleichung

$$dM_s = M_{dk} - M_z \quad [10]$$

Hierbei ist M_z wieder die vom Zylinder angesaugte Frischluftmasse und M_{dk} die im gleichen Zeitraum durch die Drosselklappe zugeströmte Luftmasse. Mit der Gleichung für ideale Gas gilt:

$$P_s \cdot V_s = M_s \cdot R \cdot T_s \quad [11]$$

wobei P_s der Saugrohrdruck, V_s das Saugrohrvolumen, R die Gaskonstante für Luft und T_s die Lufttemperatur im Saugrohr bedeuten.

Damit folgt für die Änderung dP_s des Luftdrucks während des Saughubs:

$$dP_s = P_s(k) - P_s(k-1) = dM_s \cdot \frac{R \cdot T_s}{V_s} \quad [12]$$

$P_s(k)$ und $P_s(k-1)$ sind dabei die in zwei aufeinanderfolgenden Rechenschritten $k-1$ und k ermittelten Werte des Saugrohrdrucks, wobei die Berechnung einmal pro Saughub eines Zylinders durchgeführt wird.

Durch Auflösen nach $P_s(k)$ und Einsetzen der Bilanzgleichung [10] für die Luftmasse im Saugrohr folgt:

$$P_s(k) = P_s(k-1) + \frac{R \cdot T_s}{V_s} \cdot (M_{dk} - M_z) \quad [13]$$

Für die vom Zylinder angesaugte Luftmasse kann die bereits für Systeme mit Saugrohrdruck bekannte Beziehung [9] eingesetzt werden.

Die durch die Drosselklappe einströmende Luftmasse M_{dk} kann aus dem Mittelwert Q_{mm} der mit dem Sensor 114 gemessenen Luftmasse Q_m errechnet werden:

$$M_{dk} = Q_{mm} \cdot dT \quad [14]$$

wobei für die Rechenschrittweite dT gilt:

$$dT = \frac{2}{N \cdot Z} \quad [15]$$

Hierbei ist N die Motordrehzahl und Z die Anzahl der Zylinder. Dabei wurde vorausgesetzt, daß die Berechnung einmal pro Saughub durchgeführt wird.

Somit kann eine Rekursionsgleichung für die Berechnung des Saugrohrdrucks und der Luftfüllung angegeben werden:

$$P_s(k) = P_s(k-1) + \frac{R \cdot T_s}{V_s} \cdot \left(Q_{mm} \cdot \frac{2}{N \cdot Z} - M_z(k-1) \right) \quad [16]$$

sowie

$$M_z(k) = K \cdot (P_s(k) - P_{s0}) \quad [17]$$

Die Umsetzung der Rekursionsgleichungen [16] und [17] in ein Programm zur Berechnung der Luftfüllung ist in Fig. 5a und 5b dargestellt.

Im Flußdiagramm Fig. 5a, das sehr häufig durchlaufen werden muß, (in der Regel im 1 ms-Zeitraster), wird in Block 501 zuerst geprüft, ob der Motor läuft. Bei laufendem Motor wird in Schritt 502 der Wert der Luftmassenströmung Q_m vom Luftmassensensor 114 eingelesen. In Schritt 503 und 504 werden die eingelesenen Luftmassenwerte Q_m sowie die Anzahl der Programmdurchläufe aufsummiert, um daraus in einem weiteren Programm den Mittelwert Q_{mm} des Luftmassenstroms berechnen zu können.

Das Flußdiagramm Fig. 5b beschreibt ein Programm zur Bestimmung des Saugrohrdrucks und daraus der Luftfüllung des Zylinders. Das Programm wird einmal pro Saughub gestartet, z. B. immer 90 Grad vor Zünd-OT.

Im Schritt 505 wird wieder geprüft, ob der Motor läuft. Bei laufendem Motor wird in Schritt 506 der Mittelwert Q_{mm} des Luftmassenstroms bestimmt. Anschließend werden der Programmdurchlaufzähler und der Summenwert Q_{sum} in Schritt 507 und 508 auf 0 zurückgesetzt, damit das Programm gemäß Fig. 5a den Mittelwert während des nächsten Saughubs bestimmen kann.

In Block 509 und 510 werden die aktuelle Drehzahl N und die Lufttemperatur T_s im Saugrohr von den Sensoren 104 und 111 eingelesen.

In Schritt 511 und 512 werden dann – ausgehend vom Saugrohrdruck P_{s0} und der Luftfüllung M_{z0} aus dem vorigen Durchlauf des Programms – nach den oben hergeleiteten Rekursionsgleichungen [16] und [17] die aktuellen Werte P_{sneu} und M_{zneu} für Saugrohrdruck und Luftfüllung ermittelt. Hierzu werden in Schritt 512 der Proportionalitätsfaktor K und der Offset P_{s0} benötigt. Diese beiden Größen müssen mit einem Programm gemäß Fig. 3b aus der Ventilüberschneidung und der Drehzahl bestimmt werden.

In Schritt 513 werden die aktuellen Werte von Saugrohrdruck und Luftfüllung in den RAM-Zellen P_{s0} und M_{z0} für den nachfolgenden Programmdurchlauf gespeichert.

Beim Start des Motors müssen die RAM-Zellen Q_{sum} , P_{s0} und M_{z0} sowie der Zähler für Programmdurchläufe des Programms gemäß Fig. 5a auf die passenden Startwerte gesetzt werden. Wird in der Abfrage in Schritt 505 festge-

stellt, daß der Motor nicht läuft, dann werden in Schritt 514 der Summenwert der Luftmasse Msum sowie der Programmdurchlaufzähler auf 0 gesetzt. Solange der Motor steht, stellt sich im Saugrohr der Umgebungsdruck ein. Deshalb wird als Startwert für den Saugrohrdruck Psalt ein Schätzwert für den Umgebungsdruck eingesetzt (z. B. 950 mbar). Als zugehöriger Startwert für die Luftfüllung des Zylinders wird der dem Umgebungsdruck entsprechende Maximalwert Mzmax verwendet.

Mögliche Alternativen

Häufig wird darauf verzichtet, sowohl Einlaß- als auch Auslaßnockenwelle zu verstellen. In diesem Fall genügt es, bei der Berechnung der Ventilüberschneidung gemäß Fig. 3a und 3b nur die Stellung der variablen Nockenwelle mit einem Sensor zu erfassen und anstelle des eingelesenen Sensorsignals der nicht verstellten Nockenwelle in den Berechnungen gemäß Fig. 3b eine Konstante einzusetzen.

In anderen Fällen werden die Nockenwellen nicht kontinuierlich verstellt. Stattdessen werden nur zwischen zwei durch mechanische Anschläge festgelegte Stellungen hin- und hergeschaltet. Dabei wird aus Kostengründen auf einen Sensor für die Nockenwellenstellung (115 bzw. 115a) verzichtet. In diesem Fall muß die Stellung der Nockenwelle mit einem Modell geschätzt werden. Fig. 6a zeigt beispielhaft den Zeitverlauf der Auslaßnockenwellenstellung bei Umschaltung des an das Verstellsystem 108a ausgegebenen Sollwerts Wasoll von Wasmin nach Wasmax. Als Näherung genügt für die Nachbildung des Istwertverlaufs ein Tiefpaßmodell erster Ordnung.

Fig. 6b beschreibt das zugehörige Programm, das z. B. alle 10 ms durchlaufen wird. In Schritt 601 wird ermittelt, welcher der beiden möglichen Sollwerte an die Nockenwellenverstelleinrichtung 108a ausgegeben wird. Ist der untere Sollwert Wasmin aktiv, wird in Schritt 602 die aktuelle Nockenwellenstellung Wasneu aus dem im vorherigen Durchlauf bestimmten Wert Wasalt mit einem digitalen Tiefpaßfilter erster Ordnung berechnet:

$$\text{Wasneu} = \text{Wasalt} + (\text{Wasmin} - \text{Wasalt}) * \frac{dT}{Tnw} \quad [18]$$

Dabei ist dT die Zeit zwischen zwei Programmdurchläufen und Tnw die Zeitkonstante der Nockenwellenänderung, die aus dem Zeitverlauf nach Fig. 6a ermittelt werden kann. Wird dagegen im Schritt 601 festgestellt, daß der obere Sollwert Wasmax aktiv ist, erfolgt die Berechnung der Nockenwellenstellung gemäß Block 603, wobei hier der obere Sollwert Wasmax anstelle von Wasmin verwendet wird.

In Schritt 604 wird der aktuelle Wert der Nockenwellenstellung in der Speicherzelle Wasalt für den nächsten Rechenschritt abgelegt.

Die so ermittelte Auslaßnockenwellenstellung Wasneu kann dann im Programm in Fig. 3b anstelle des vom Sensor 108a eingelesenen Wertes verwendet werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Berechnung des Frischluftanteils an der Gasfüllung des Arbeitsvolumens einer Brennkraftmaschine,
 - wobei der Wechsel der Gasfüllung des Arbeitsvolumens durch einen Steuereingriff betriebsparameterabhängig beeinflussbar ist,
 - und bei dem eine Größe erfaßt wird, die ein Maß für die Frischluftmenge darstellt, die der Brennkraftmaschine über ein Saugrohr zufließt,
 - dadurch gekennzeichnet, daß
 - bei der Bestimmung des Frischluftanteils an der Gasfüllung des Arbeitsvolumens neben dem Maß für die Frischluftmenge, die der Brennkraftmaschine über das Saugrohr zufließt, als eine den Steuereingriff charakterisierende Größe die Ventilüberschneidung, d. h. der Winkelbereich benutzt wird, bei dem Einlaß- und Auslaßventil gemeinsam geöffnet sind.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich die Lage dieses Winkelbereichs relativ zu einem Bezugswinkel der Kurbelwelle, bspw. dem Winkel, der einem Totpunkt eines Kolbens der Brennkraftmaschine entspricht, als den Steuereingriff charakterisierende Größe benutzt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß desweiteren als den Steuereingriff charakterisierende Größe der Verlauf und/oder die Änderung wenigstens einer Ventilerhebungskurve benutzt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß desweiteren als charakterisierende Größe für den Einfluß des Steuereingriffs die jeweils kleinere, während der Ventilüberschneidung wirksame Öffnung des Arbeitsvolumens zum Einlaß- oder Auslaßbereich der Brennkraftmaschine, integriert über die Zeitdauer der Ventilüberschneidung, erfaßt wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß für die Bildung des Maßes für die Frischluftmenge, die der Brennkraftmaschine über ein Saugrohr zufließt, der Saugrohrdruck verwendet wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß für die Bildung des Maßes für die Frischluftmenge, die der Brennkraftmaschine über ein Saugrohr zufließt, die in das Saugrohr fließende Luftmasse erfaßt wird.

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

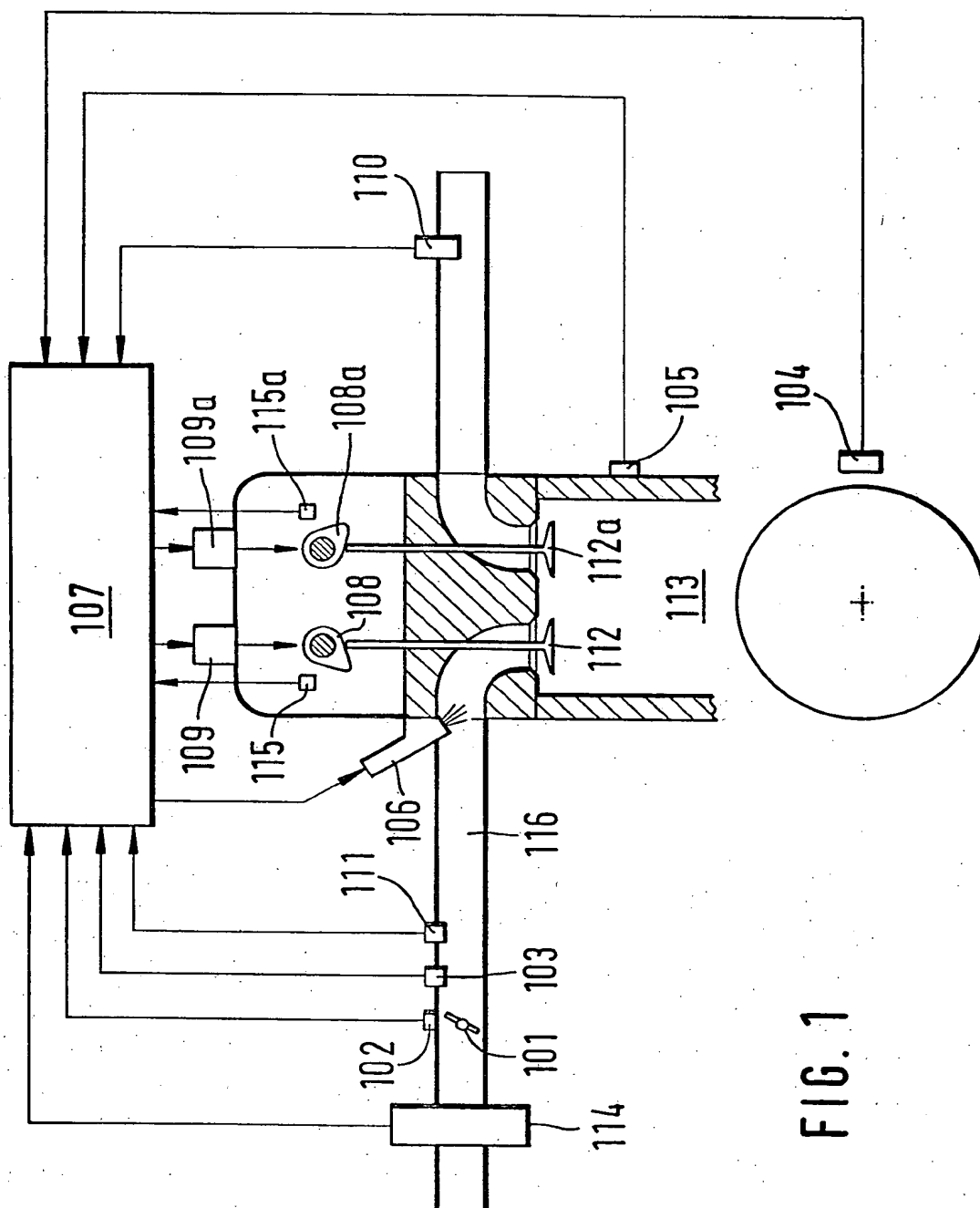
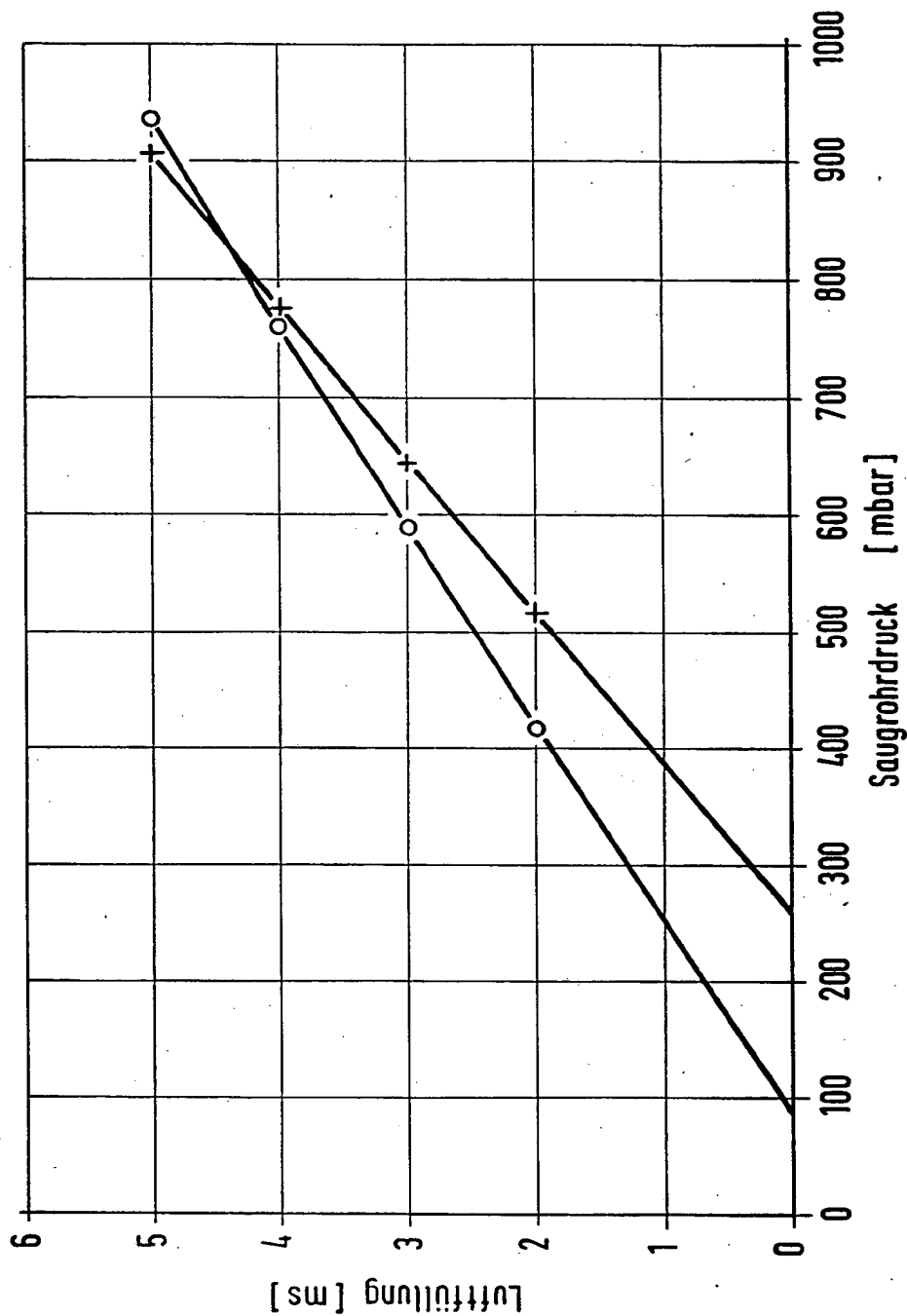
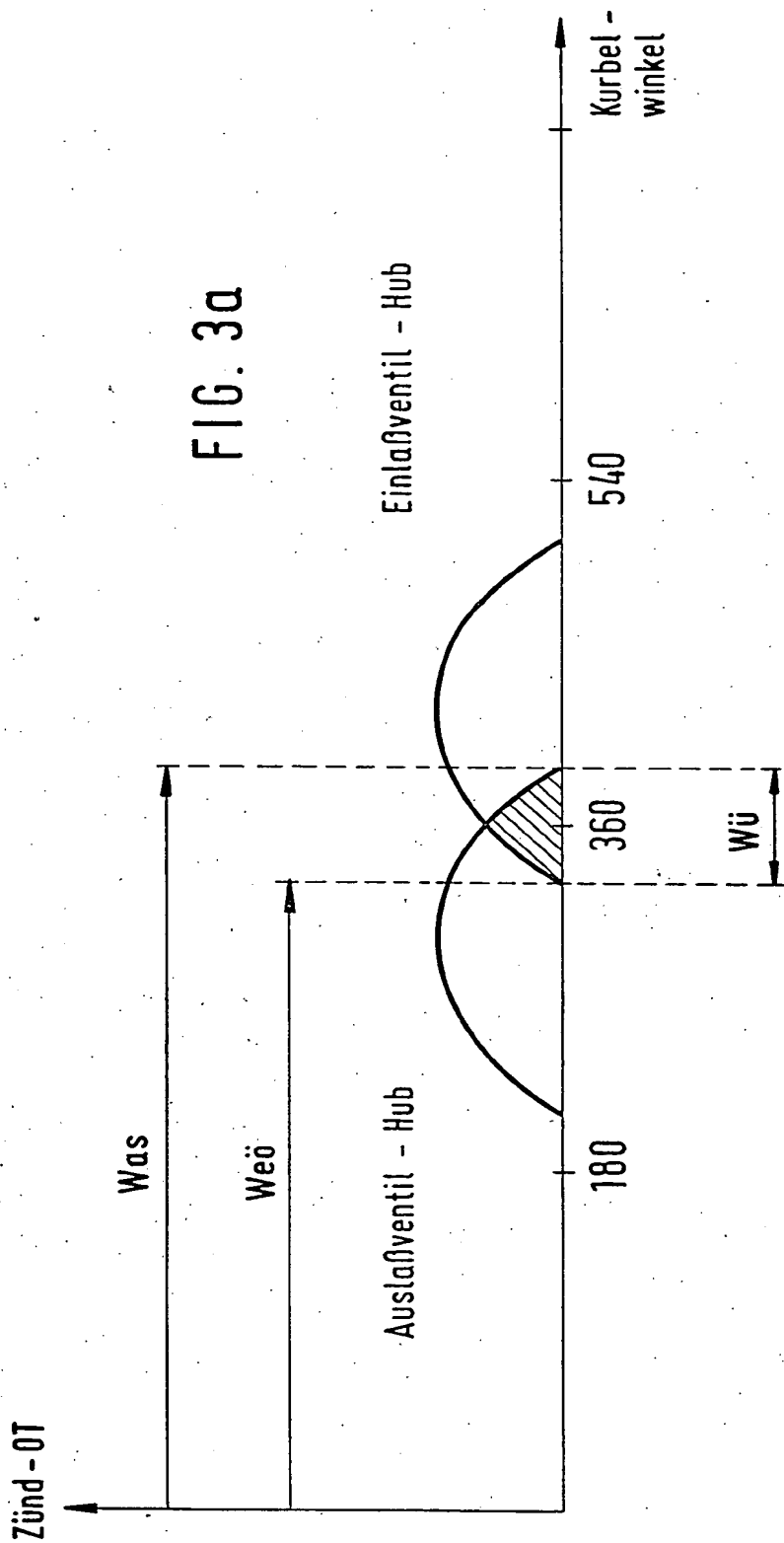


FIG. 2

—●— Kurve 1 (Überschneidung 14°)
—+— Kurve 2 (Überschneidung 44°)





Arbeitsstakt	Ausstoßen	Ansaugen	Verdichten
--------------	-----------	----------	------------

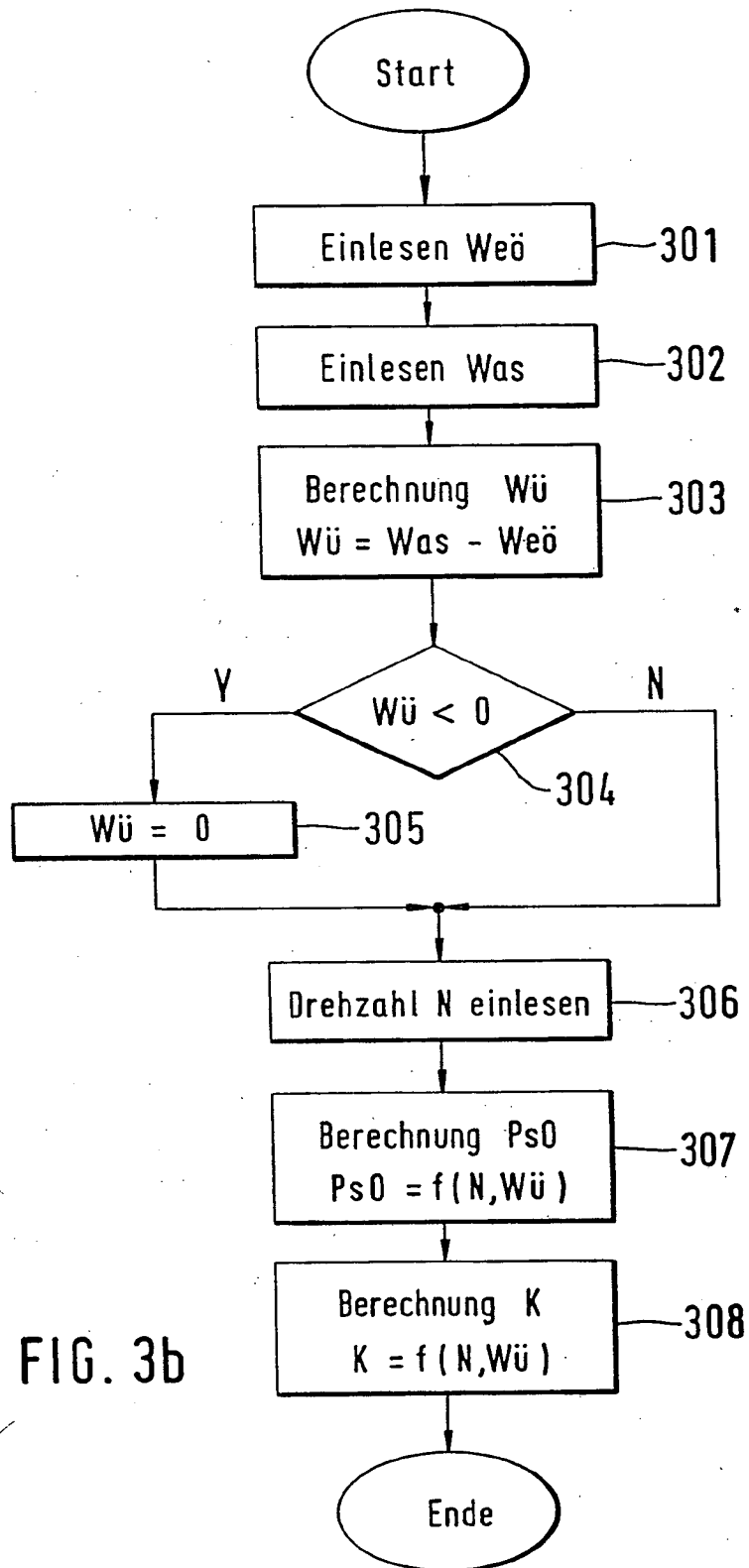


FIG. 4a

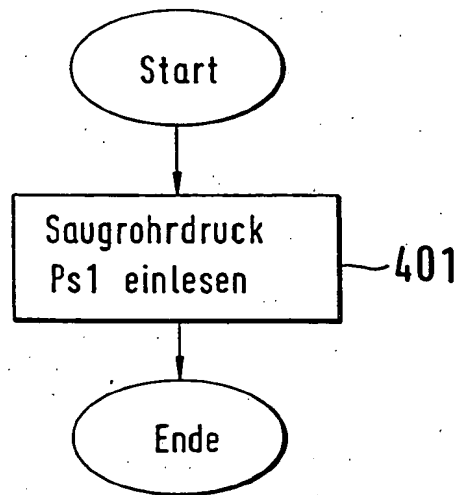
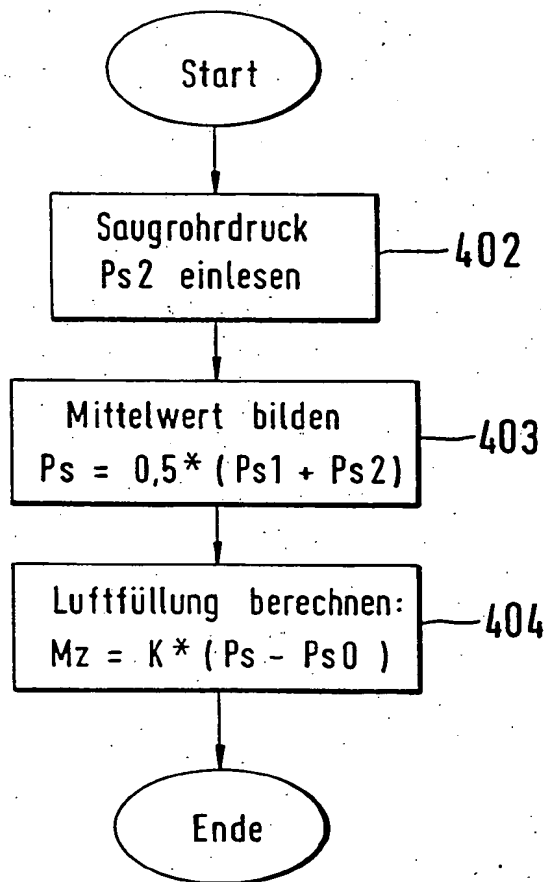


FIG. 4b



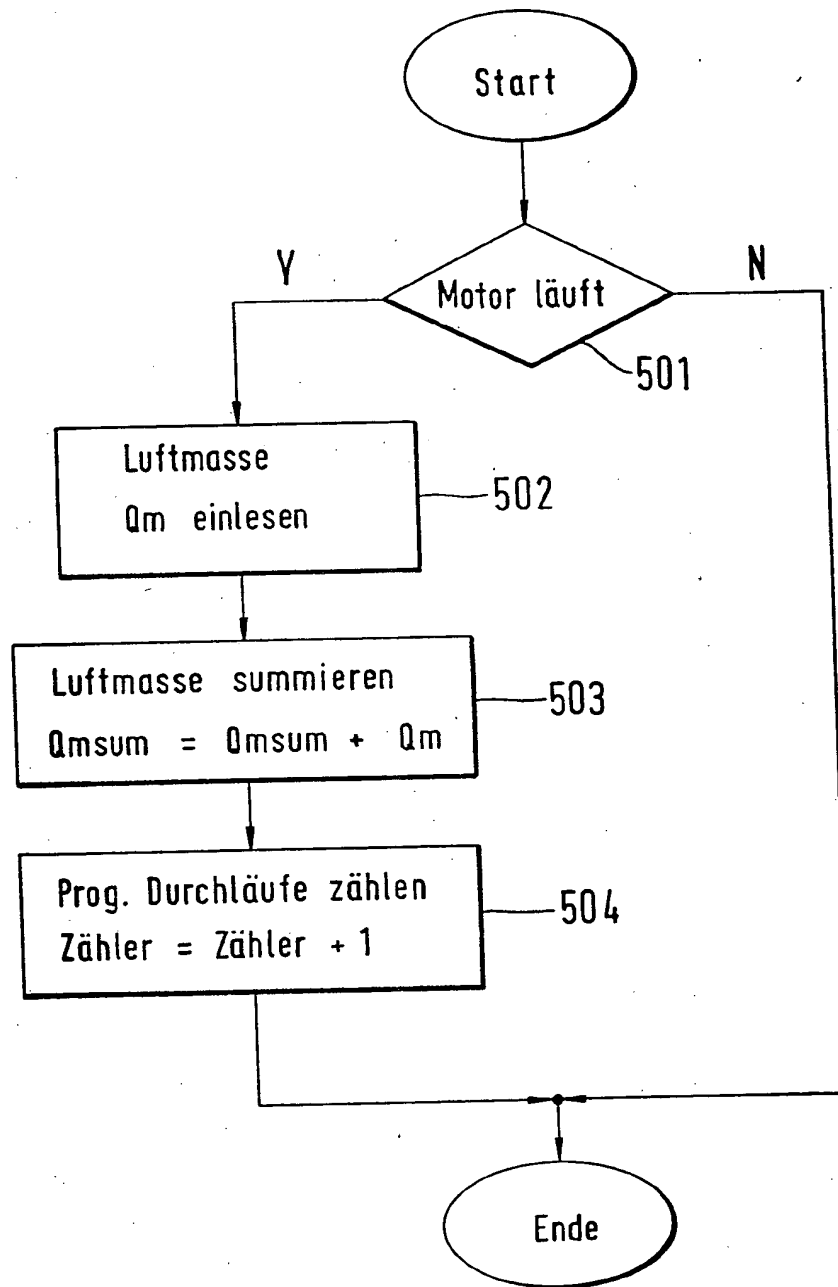


FIG. 5a

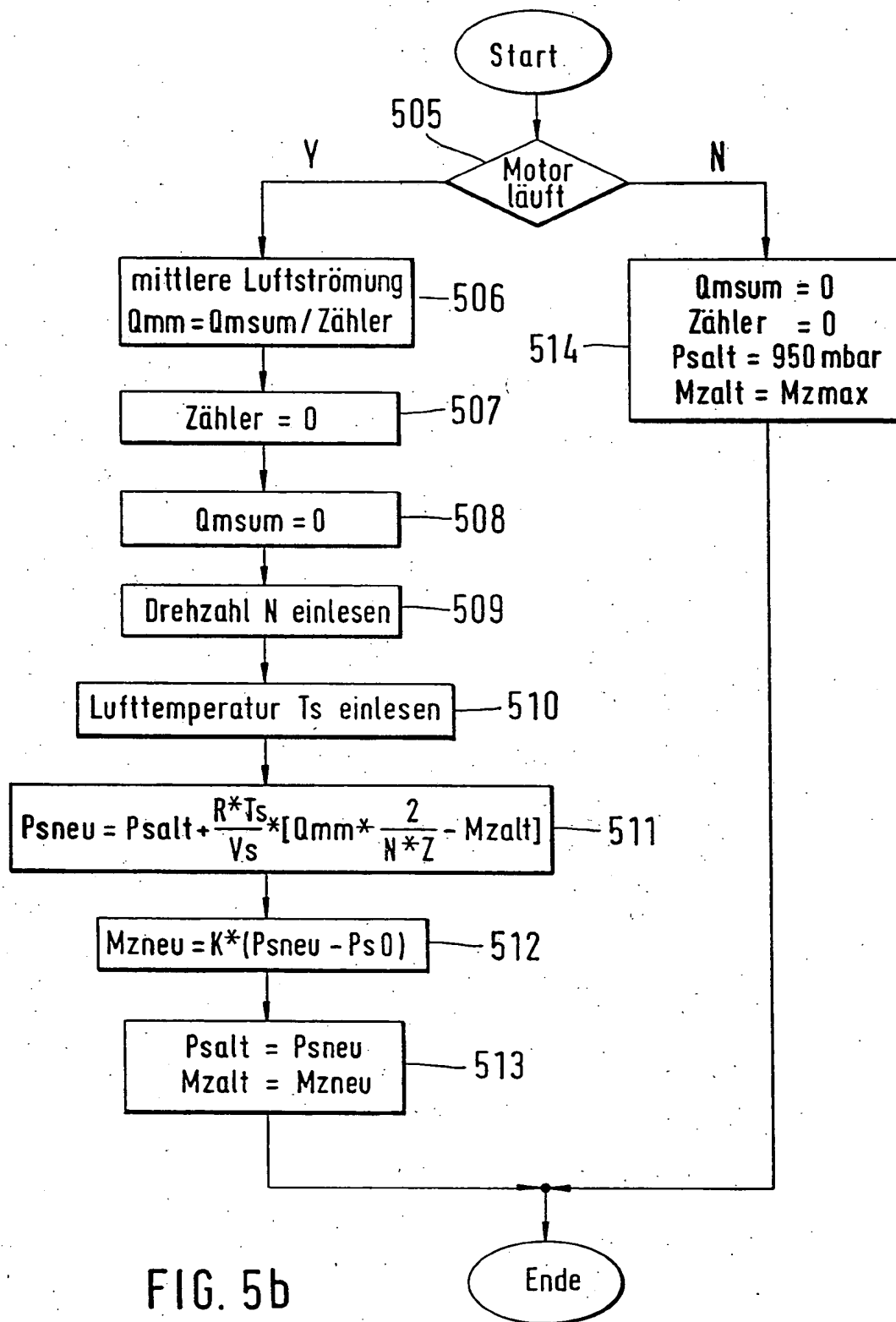


FIG. 5b

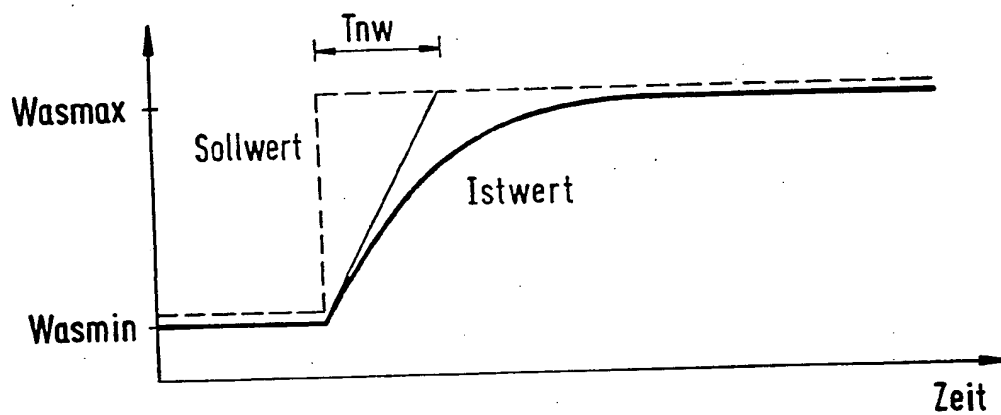


FIG. 6a

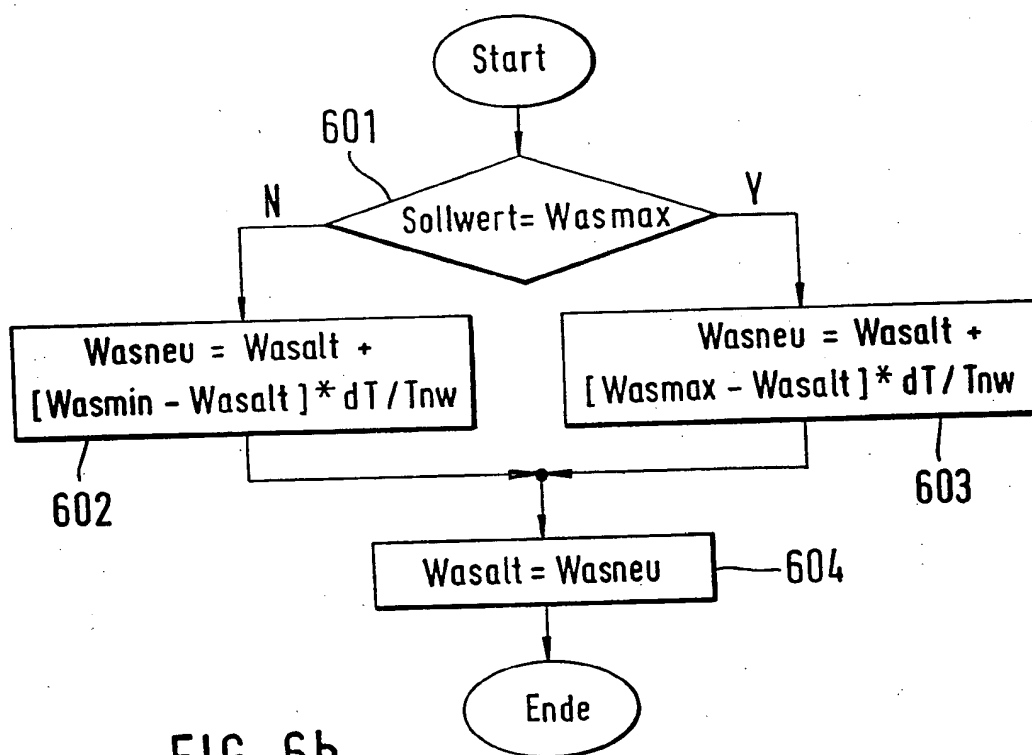


FIG. 6b

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)